

Esta fotografía de la Tierra, con un primer plano de la Luna, no fue posible hasta finales de 1968.

Nuestro planeta antes de la aparición de la vida

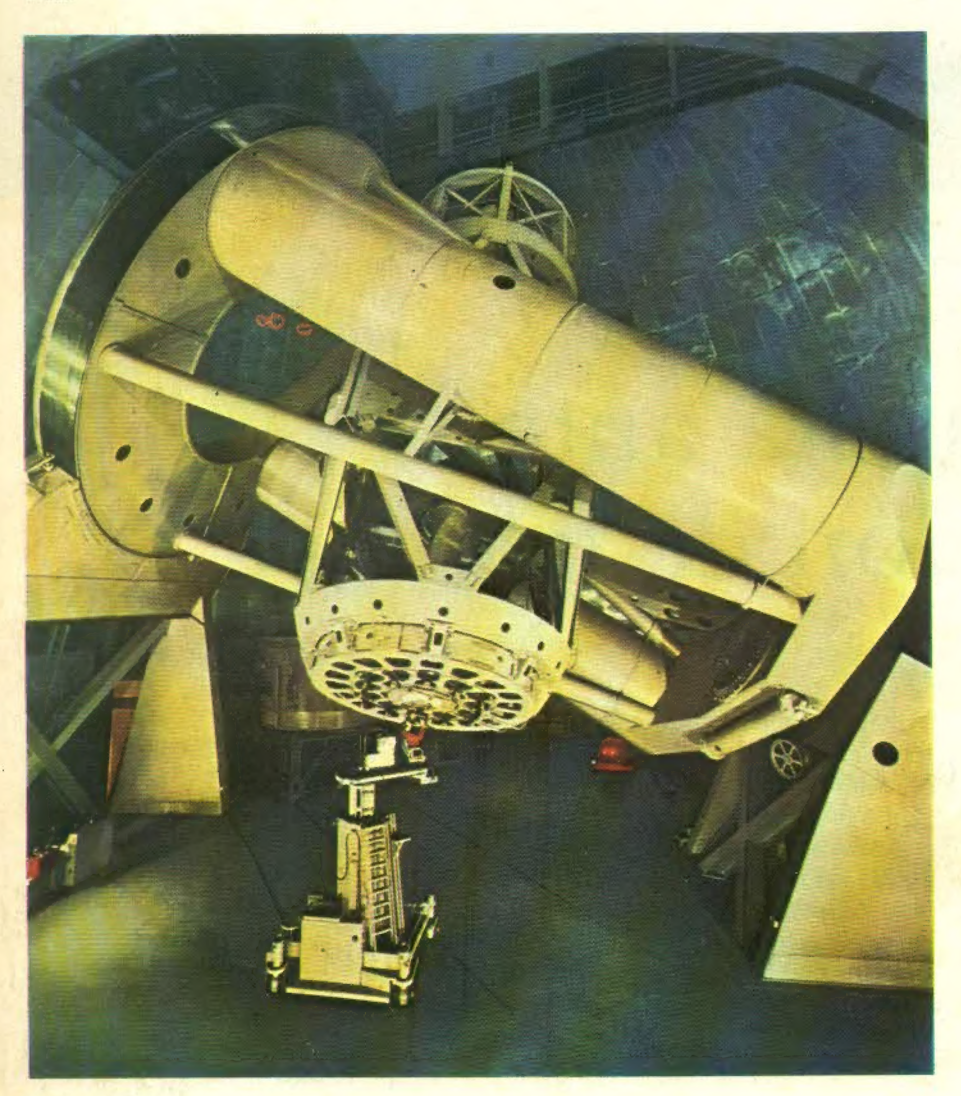
Como todas las ciencias, la Astronomía no se ha sustraído a la ley del progreso. Para que el lector se haga cargo de los enormes avances logrados en la ciencia de los astros –que tiene fama de ser la más antigua– le presentamos dos versiones del universo: la primera, tal como lo interpretaban los griegos más ilustres, que perduró hasta el siglo XV, y la otra, la de fines de la séptima década del siglo XX. No incluimos la primitiva versión de la Tierra plana, por considerarla propia de gentes primitivas que, obligadas a defenderse del hambre, frío, fieras, etc., para subsistir, no podían dedicarse al estudio del mundo.

La imagen del universo de los griegos se fue modelando al correr de los siglos. Pitágoras (siglo V a. J.C.), que viajó mucho, demostró que la Tierra es esférica y supuso que estaba en el centro del universo, también esférico. Eudoxio (siglo III a. J.C.) creyó que existen esferas de cristal, concéntricas con la Tierra, llamadas esferas motoras o *deferentes,* que se mueven a velocidades uniformes y

Observatorio astronómico de la universidad de Londres, en Mill-Hill.



El telescopio de Monte Palomar, el mayor del mundo, tiene un espejo circular de 200 pulgadas de diámetro, es decir, algo más de cinco metros.



que arrastran al Sol, Luna y planetas que están incrustados en ellas. Para explicar las variaciones de movimientos de estos astros supuso varias esferas para cada uno; así, el Sol y la Luna tenían tres esferas; los planetas, cuatro, y las estrellas con uno se contentaban. Las estrellas estaban fijas en la esfera del fondo del mundo, la cual daba una vuelta cada día. Apolonio (siglo II a. J.C.) abandonó las esferas y redujo los movimientos de los astros al plano; los astros errantes seguían órbitas circulares, llamadas deferentes u *homocéntricas*, y para dar cuenta de los movimientos planetarios superponía a aquéllas otras órbitas circulares menores, de nombre *epiciclos*, por las que se movían los planetas y cuyo centro estaba en el deferente. Así, con esta adición se conservan dos cosas, para los antiguos importantes, por ser perfectas: órbitas circulares y movimientos uniformes. Ya se vio después que tales ideas son erróneas. Tolomeo (siglo II d. J.C.) dio forma a estos ensayos, y su sistema geocéntrico –la Tierra en el centro– perduró hasta el siglo XV, cuando Copérnico expuso, como teoría e instrumento de trabajo, su sistema heliocéntrico –el Sol, o Helios, en el centro–. A él siguieron, principalmente, Galileo, que observó por primera vez el cielo con el telescopio; Kepler, que halló las leyes del movimiento de los planetas, y Newton, que descubrió la ley de la gravitación universal.

En los años 70 del siglo XX, la imagen del universo es muy distinta. Sabemos que

la Tierra que habitamos forma parte de un grupo de astros diferentes: uno, esférico, enorme, de gran temperatura superficial y aún mayor en su interior, y como consecuencia brilla con luz propia, es el *Sol.* Otros nueve, pequeños, sólidos, opacos y fríos, que giran alrededor del Sol a distancias progresivamente mayores, siguiendo caminos casi circulares, casi en un mismo plano; si se ven es porque reflejan la luz del Sol: se llaman *planetas.* De los nueve, seis van acompañados de otros astros aún menores y más opacos que dan vueltas a su alrededor, los cuales se denominan *satélites;* para muestra, la Luna, el fiel satélite de la Tierra.

Entre las órbitas de Marte y Júpiter, millares de pequeños astros, más bien fragmentos que esferas, pues se ha comprobado que algunos de ellos tienen forma prismática; la mayoría de ellos siguen órbitas situadas en el lugar que les corresponde en la escala de distancias progresivas mencionada; unos pocos se apartan de él. Más allá del grupo, desde el Sol, una quincena de cuerpos alcanzan la órbita de Júpiter y uno casi llega a la de Saturno; más acá, unos atraviesan la órbita de Marte, otro la de la Tierra, tres la de Venus y otro la de Mercurio: son los *asteroides,* de los que hay catalogados más de millar y medio.

Astros muy distintos siguen caminos en forma de elipses alargadas; algunos llegan hasta la órbita de la Tierra o de Venus cuando están cerca del Sol, y van hasta las de Júpiter, Saturno y aún más allá, cuando están lejos del astro central. Su vista atrae la atención de las gentes: tienen un cuerpo reducido, rodeado de una aureola de gases, que puede ser muy grande, y muchos, tras de sí, en dirección opuesta al Sol, lucen una cola, a veces de enorme longitud, mayor cuando la proximidad al Sol excita sus átomos; la mayoría de estos astros sólo son visibles con el telescopio y, mejor aún, registrados por la fotografía: son los *cometas.* Hay catalogados una cincuentena de ellos, llamados periódicos porque aparecen periódicamente; la mayoría de ellos vienen de las profundidades del espacio, rodean el Sol y vuelven a las oscuras re-

Un astrónomo mirando por el telescopio del observatorio de Monte Palomar, California.



ETAPAS DE LA ASTRONOMIA

I. Prehistoria. – Milenios antes de que naciera la Astronomía, el hombre prehistórico miraba el cielo. Veía un disco que daba luz y calor, el Sol; otro, enigmático, que presentaba diferentes formas, la Luna y sus fases; numerosos puntos brillantes sólo visibles durante la ausencia del disco luminoso y calentador. Entre estos discos los había que dibujaban en el cielo una figura atractiva, y la copiaba en piedras o en erizos de mar fósiles, que encontraba en ciertos lugares. Estos erizos se han hallado en varias localidades francesas y estas piedras en otras de Rusia y en otros lugares; y las figuras que hay en ellos son las de la Osa Mayor, Orión, las Pléyades. ¿Qué hacía de estos objetos nuestro antepasado? Se ignora; quizás eran amuletos.

II. Edad Antigua. – Los egipcios antiguos creían que el mundo es una llanura cubierta por una superficie sólida de la cual penden lámparas encendidas, las estrellas, y sostenida por cuatro montañas. Los caldeos, al revés, que al cielo lo sostenía una montaña central, de donde nacía el río Eufrates. Los chinos decían que el mundo estaba rodeado de una cáscara, como la yema de un huevo. Los griegos, cuando empezaron a interesarse por los astros, consideraban la Tierra plana; pero pronto Anaximandro creyó que tenía la forma de cilindro con la cara superior habitada. Pitágoras (siglo IV a. J.C.) explicaba que la Tierra era esférica y estaba en el centro del universo: Sol, Luna y estrellas giraban a su alrededor. Eudoxio, de la misma época, decía, con el asenso general, que los astros estaban en esferas de cristal giratorias. Contra esta opinión, Aristarco de Samos, del siglo III, decía que el astro central era el Sol, pero fue perseguido por ello. Hiparco de Nicea (siglo II a. J.C.) fue el más grande astrónomo de la antigüedad: calculó la distancia a la Luna, conoció la duración del año, etc. Sosígenes, de Alejandría, inspiró a Julio César la reforma del calendario denominada juliana. Tolomeo (siglo II d. J. C.) dio forma definitiva a la teoría geocéntrica (Tierra en el centro del mundo) que perduró hasta el siglo XVI.

III. Edad Media. – El hecho astronómico más importante es el paso de los conocimientos científicos de Oriente a Occidente a través de los árabes. Las cuatro figuras prominentes fueron: el califa Al-Mamun, que hizo medir un grado de meridiano; el español Arzaquiel, autor de las *Tablas Toledanas;* Ulug Beg, de Samarcanda, que publicó un catálogo de estrellas, y en el siglo XIII el rey Alfonso X el Sabio, que reunió en Toledo a sabios judíos, árabes y cristianos que compusieron las *Tablas Alfonsinas,* del movimiento de los planetas.

IV. El Renacimiento. – Al resurgir de las artes acompaña el de la ciencia y la técnica: Fernel mide un grado de meridiano con gran precisión; Copérnico expone su sistema heliocéntrico del mundo; Tycho Brahe hace precisas observaciones de los astros; Galileo inventa el telescopio y descubre las montañas de la Luna, los satélites de Júpiter, las fases de Venus, etc. Clavio inspira al papa Gregorio XIII la reforma gregoriana del calendario.

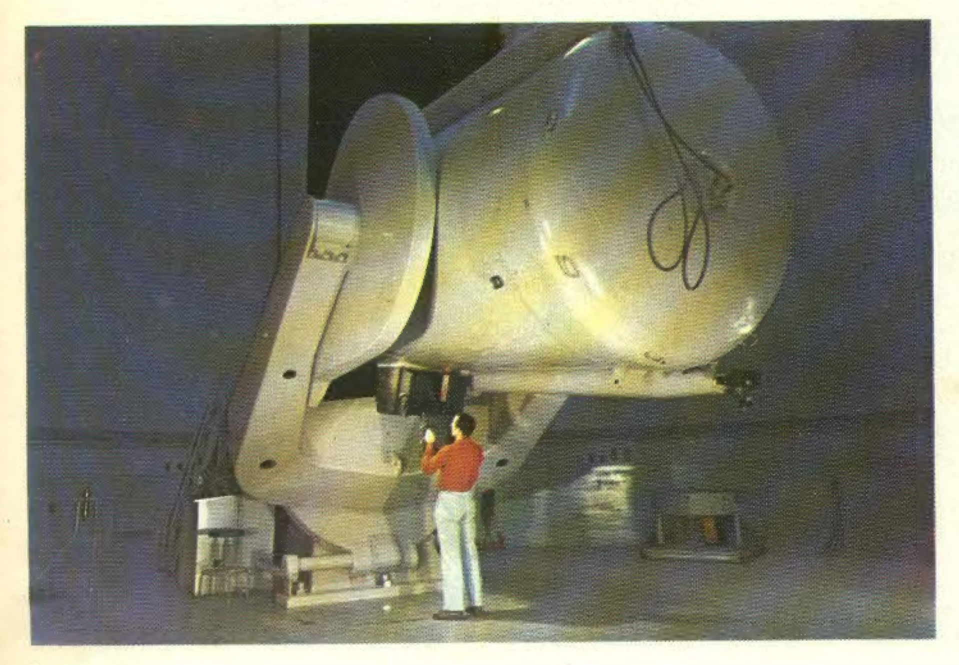
V. Siglo XVII. – Se fundan los observatorios de París y de Londres. Kepler, apoyándose en las observaciones de Tycho, descubre las leyes del movimiento de los planetas. Newton descubre la ley de la gravitación universal. Halley, en Santa Elena, confeccionó un catálogo de estrellas del cielo austral y calculó la órbita del cometa de su nombre. Huygens halló la naturaleza de los anillos de Saturno e inventó el escape de los relojes.

VI. Siglo XVIII. – Para conocer la forma de la Tierra, la Academia de Ciencias de París envió dos expediciones para que midieran un grado de arco de meridiano, una al Perú, cerca del ecuador, y la otra a Laponia, cerca del polo Norte. La Tierra resultó aplastada por los polos. Los franceses Lagrange y Laplace se dedican a la Astronomía matemática; el segundo es autor de la teoría cosmogónica del origen del mundo. Herschel descubrió el planeta Urano y puso la base de la Astronomía sidérea.

VII. Siglo XIX. – La fotografía y la espectroscopia, inventadas en este siglo, son dos puntales de la Astronomía moderna. Se conocen distancias a las estrellas, se descubren los asteroides, las nebulosas espirales (galaxias exteriores a la nuestra), el planeta Neptuno, por el cálculo de Le Verrier y Adams. Argelander publicó un catálogo de 320.000 estrellas. El P. Secchi realizó una clasificación espectral de estrellas.

VIII. Siglo XX. – El desarrollo de la técnica permite construir telescopios cada vez mayores, pasando del refractor de 1 m de abertura, del Observatorio de Yerkes, al de 5 m, de Monte Palomar. Clyde Tombaugh descubre el planeta Plutón. Con la Radioastronomía, cuyas bases sentaron Jansky, en 1931, y Reber, en 1937, se siguen los brazos de nuestra galaxia y se alcanzan distancias enormes en las profundidades del espacio. Gracias al camino preparado por Einstein y Eddington, Bethe y Weitzsäcker descubren las reacciones atómicas que ocurren en el interior del Sol y de las estrellas. Finalmente, la Astronáutica se convierte en un gran auxiliar de la Astronomía, permitiendo realizar observaciones fuera de la atmósfera terrestre, pantalla que impide el paso de muchas radiaciones, pudiéndose fundar una Astronomía de rayos X, otra de rayos gamma, y por último tomar fotografías de la Luna desde su misma superficie, lográndose detalles del orden del milímetro, así como de su cara oculta y de la superficie de Marte. Se explora Venus con sondas y se descubre en él una temperatura elevadísima, impropia para la vida.

A. P.



giones de donde procedían. Aparte, el espacio interplanetario está lleno de *polvo cósmico,* en densidad decreciente a medida que la distancia al Sol aumenta. Este polvo es el responsable de la luz zodiacal, de la luz del cielo nocturno, etc. Tal es el *sistema planetario solar.*

El Sol es una estrella como las demás que se ven lucir por la noche en el cielo. Es la más cercana que tenemos y de la cual somos tributarios. Los astrónomos la pueden estudiar mejor que a las demás, que están

Astrónomo manipulando un telescopio de 48 pulgadas en el observatorio de Monte Palomar.



Espectroscopio horizontal de fines del siglo XIX que se conserva en Mentora Alsina, Barcelona.

a distancias de vértigo y que no presentan, debido a ello, disco sensible alguno. En cuanto a dimensiones, el Sol es de las medianas, con tendencia a pequeña; respecto al brillo, también es de las promedias. Es decir, es una estrella mediocre.

Todas las estrellas visibles, incluido nuestro Sol, forman un sistema estelar, de 100.000 años-luz de diámetro, en el que se cuentan por cantidades ingentes: se le calcula una masa de 100.000 millones de veces superior a la de nuestro Sol, de la cual más de la mitad está condensada en forma de estrellas. La que no está condensada se reparte irregularmente en el espacio interestelar: en casi todo éste su densidad es ínfima, pero en ciertos lugares existen concentraciones que cuando son grandes forman lo que se denomina *nebulosas,* las cuales pueden estar o no alumbradas por estrellas vecinas.

Cuando la estrella falta, la densidad de esta materia es tal que no deja pasar la luz de las estrellas situadas más allá; en este caso se trata de una nebulosa *oscura.* Pero si la estrella esta cerca, o hasta dentro, de la masa gaseosa y polvorienta, pueden darse dos casos: 1.º que la temperatura superficial de la estrella sea elevada; entonces la intensa radiación que emite pone en excitación los átomos de la nebulosa, los cuales producen

LA RADIOASTRONOMIA

Karl G. Jansky (1931). Ciertos astros emiten ondas lo suficientemente potentes como para ser registradas y localizadas.
J. S. Hey (1942). Descubre una emisión extraordinaria de ondas del sol con motivo de las graves perturbaciones solares de aquel año.

Desarrollo y perfeccionamiento de la técnica del radar durante la segunda guerra mundial, que proporcionará equipos y experiencias para los observatorios de radioastronomía.

Invención y construcción de aparatos especializados (equipo australiano de radioastronomía, observatorio de Sidney) para la observación: radiotelescopio, interferómetro marino, interferómetro de doble antena, interferómetro de antena múltiple, espectrógrafo dinámico, etc.

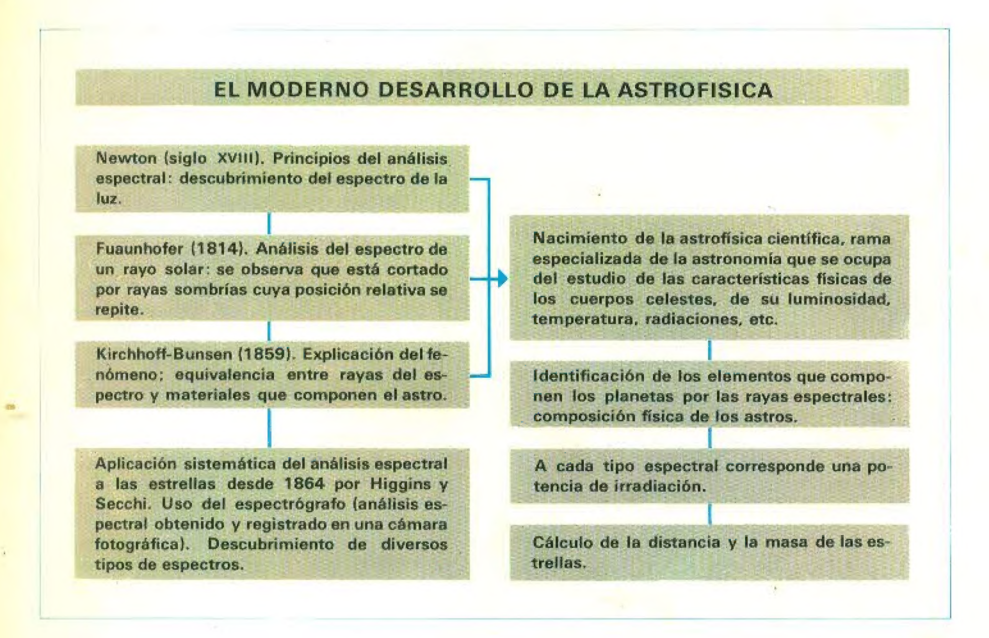
Inglaterra:	Cavendish Laboratory (Cambridge)
	Jodrell Bank (Manchester)
Australia:	C.S.I.R.O. (Sidney)
Holanda:	Observatorio de Leyden
Francia:	Observatorio de Nançay
	Observatorio de Mendou
Alemania:	Observatorio de Bonn
Rusia:	Observatorio de Moscú
	Instalaciones radioastronómicas de Poulkovo
Estados Unidos:	California Institute of Technology

Medida de la irradiación radioeléctrica de los planetas (Estados Unidos).

Estudios de la irradiación del hidrógeno intergaláctico: conocimiento sobre la estructura de la Galaxia, nubes de hidrógeno que la componen, datos sobre la masa en hidrógeno de otras galaxias (Holanda, Australia).

Descubrimiento del halo galáctico: nuestra Galaxia se baña en una nube magnetizada esférica formada por pequeñas partículas cargadas de energía (Australia, Inglaterra).

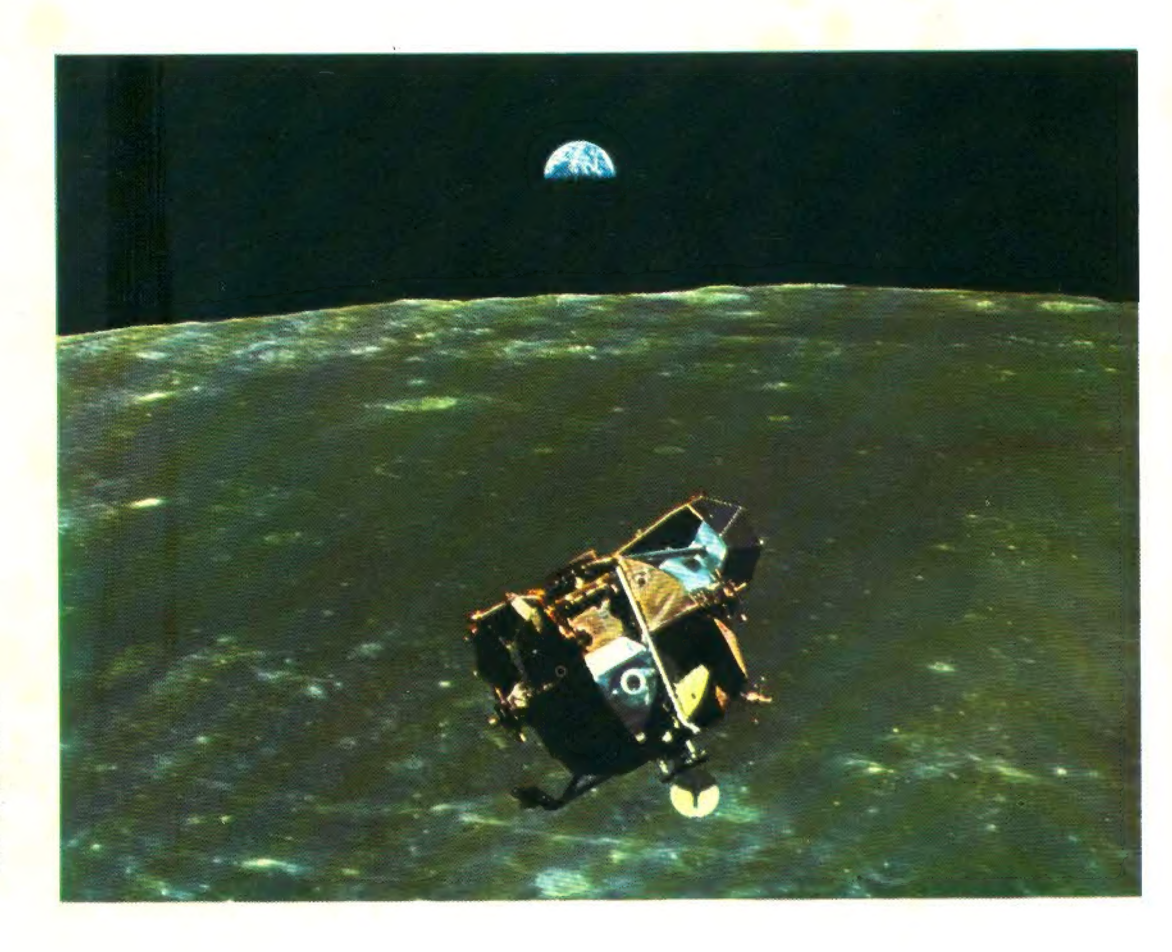
Estudio de nebulosas y radioestrellas extragalácticas fuera del alcance de los medios normales de observación (Inglaterra).



una fluorescencia semejante a la del interior de los tubos de neón y originan una nebulosa *brillante*, y 2.° que la temperatura sea más baja y no baste para excitar los átomos; éstos sólo reflejan entonces la luz que reciben del astro y por ello a la nebulosa se la califica de *reflexión*. Además de estos tipos, existen nebulosas *planetarias* (llamadas así por presentar, a través del telescopio, un disco como el de un planeta), que consisten en inmensas esferas de gases con una estrella de altísima temperatura superficial en su centro, que los excita.

Además de estrellas y nebulosas existen otros tipos de objetos: los *conglomerados*, que son regiones del cielo donde se acumulan numerosas estrellas, que vistas desde nuestro observatorio terrestre semejan una neblina, motivo por el cual, con la mala definición de los primitivos telescopios, eran consideradas como nebulosas. Hay conglomerados, o cúmulos, como también se les llama, de dos clases, unos que cuentan con centenares de estrellas y están situados dentro del sistema estelar; los que se conocen están a poca distancia –astronómicamente hablando– de nosotros, son los conglomerados *abiertos* o *galácticos*. Otros tienen forma esférica (de donde su nombre de *globulares*), contienen varios millares de estrellas, pudiendo llegar hasta medio millón, y están aislados en el espacio alrededor del sistema estelar, como formando una guardia de honor a su alrededor. Hay catalogados un centenar y los astrónomos creen que debe de haber el doble, pero que las nubes de gases y polvo impiden que nos llegue su luz. Los galácticos distan hasta 12.000 años-luz; los globulares, de 20.000 a 220.000.

Este sistema estelar acabado de describir se llama *galaxia* y nosotros lo observamos



Ante la presencia sorprendida de la Tierra, el módulo lunar, llevando en su interior a dos hombres, va a posarse sobre otro cuerpo celeste en el cual no hay ningún género de vida semejante a la que conocemos en la Tierra.

La conocida galaxia espiral situada en la constelación de los Lebreles dista de la Tierra unos 10 millones de años-luz y está formada aproximadamente por unos cien mil soles.

La Tierra fotografiada desde el espacio por una cámara a bordo del "Apolo VIII", la primera cápsula tripulada que entró en órbita lunar durante las Navidades de 1968.

desde su interior, desde donde se nos presenta como una banda luminosa, tantas son las estrellas que se apiñan en ella, conocida con el nombre de *Vía Láctea*.

Nuestra galaxia es una de tantas de las que pueblan el universo. ¿Cuántas galaxias hay? Con el mayor de los telescopios existentes se pueden fotografiar hasta cien millones de ellas. Se ha notado, con el perfeccionamiento de los aparatos ópticos, que la mayoría están agrupadas en *conglomerados de galaxias,* de los cuales hay uno que cuenta con más de diez millares de galaxias individuales, al revés de lo que se creía hacia los años 30: que las galaxias sueltas eran la regla y las acumuladas la excepción.

Lo más extraordinario de las numerosas galaxias que se han estudiado es que todas huyen de nosotros a velocidades crecientes a medida que están a mayor alejamiento. No es que nuestra galaxia ejerza sobre ellas una fuerza de repulsión, sino que se trata de un fenómeno que se experimenta desde todas las galaxias: ocurre como si ellas estuviesen pegadas en la superficie de un globo de goma y éste se hinchara, con lo cual todas huyen de cada una de las otras. Es la *expansión del universo*.



¿Cómo se ha llegado a tal conocimiento? Desde los más remotos días el hombre ha mirado el cielo. En la Prehistoria, a fines del paleolítico, dibujaba lo que se puede decir mapas de constelaciones, sobre erizos de mar fósiles o piedras, hallados en Francia o Rusia, en los que hay grabados signos, redondos o en forma de herradura, situados en el lugar que las estrellas ocupaban, con sus posiciones relativas, diferentes de las actuales, debido al movimiento propio de cada una a través de los siglos transcurridos.

Cuando egipcios, chinos y griegos observaron el cielo lo hicieron a simple vista. Los de épocas más cercanas usaron instrumentos para la medición de ángulos, con pínulas para dirigir las visuales. Con Tycho Brahe tales instrumentos alcanzaron gran perfección, ya que precisaban hasta dos minutos de arco. La invención del telescopio revolucionó los métodos en Astronomía. Al principio, las dimensiones de los telescopios eran modestas, pero al cabo de dos siglos ya se habían construido telescopios gigantes: el anteojo de Galileo medía 3 cm de abertura y data de 1609; el reflector de Herschel tenía el espejo objetivo de 1,47 m de diámetro y se construyó en 1789.

En el siglo XIX se inventaron casi simultáneamente la espectroscopia y la fotografía, que aplicadas a la ciencia de los astros le dieron un amplio e insospechado vuelo.

PLURALIDAD DE MUNDOS HABITADOS

La idea de que existen otros mundos, además del nuestro, que albergan vida, seres vivientes, es muy antigua. Ya en el siglo II de la era cristiana, el satírico griego Luciano de Samosata escribió un libro titulado "Historia Verdadera", en la que sus protagonistas van a la Luna, cuyo rey sostenía una guerra contra el del Sol, y aquéllos tomaron parte en una batalla que tuvo lugar en una gigantesca tela de araña. Pero no fue hasta el siglo XVII cuando estas novelas se hicieron numerosas. Con el recién inventado telescopio se descubrieron las montañas de la Luna y se vio que los planetas presentaban un disco sensible; luego una y otros eran mundos y, como tales, tenían sus correspondientes habitantes. La idea de otros mundos habitados dio lugar a que muchos autores criticaran vicios humanos atribuyéndolos a los moradores de dichos mundos. También dio lugar a un gran desarrollo de la fantasía de otros escritores. Los pobladores de Venus, nombre de la diosa de la belleza de la mitología clásica y astro de un bello refulgir, eran consecuentemente de gran hermosura y pasaban su vida en bailes, recitales de poesías y otros placeres. Los de Marte, que por su color rojizo lleva el nombre del dios mitológico de la guerra, eran gentes violentas, siempre luchando entre sí, etc.

Los astrónomos no disfrutaban de tal fantasía, pero sin querer, a veces, como en el caso de Marte, motivaron otras aún mayores. Cuando, en 1877, el italiano Schiaparelli, desde el observatorio de Milán, descubrió en aquel planeta unas líneas oscuras estrechas, y para referirse a ellas les dio el nombre de canales, advirtió que tal palabra era convencional y que no significaba que por ellos tuviese que circular agua. Pero la humanidad, en su inconsciente, debe recordar la época en que la palabra tenía gran fuerza mágica, en que se decía que el hombre consta de tres partes: cuerpo, alma y nombre. La palabra *canal* se impuso y con un sentido opuesto al de su introductor.

Cooperó en ello un astrónomo norteamericano, Lowell, que abandonó la carrera diplomática a que se dedicaba, para construir, en una planicie a más de dos mil metros de altura, del estado de Arizona, un observatorio con el anteojo mayor que encontró en aquella ocasión (1890) en el mercado. A pesar de que hizo labor científica, se dejó llevar por la imaginación y describió a Marte como un mundo donde sus pobladores estaban constituidos en un estado a escala planetaria. La poca agua existente en él, que en invierno se acumula en forma de hielo en los casquetes polares, al derretirse, con la llegada de la primavera, es conducida por enormes bombas hacia países ecuatoriales, pues debido al aplastamiento polar el camino de los polos al ecuador es de subida. Las conducciones de agua son vistas desde la Tierra por la vegetación que surge sobre ellas. Si el agua circulara por canales abiertos se evaporaría mucha de ella y no podría utilizarse.

Reflejo de este esquema es la novela de Wells "La guerra de los mundos", publicada en 1897, que en 1938 alarmó a millones de radioescuchas norteamericanos al oír representar una comedia basada en ella. El mismo pánico se repitió en Quito, en 1949, y en Lisboa, en 1958. Todo ello consecuencia de que el público creyó que los marcianos existían verdaderamente.

¿Qué hay de cierto de la vida en Marte? Ya antes de que las sondas espaciales llegaran a ese planeta y mandaran información, los astrónomos, gracias al análisis espectral, ya conocían la dificultad de que hubiese vida en Marte dada la composición de su atmósfera, su temperatura, etc. Todo lo más que admitían era la existencia de vegetales rudimentarios, como líquenes. En 1958, Sinton, desde el observatorio de Monte Palomar, pudo dirigir un espectroscopio muy sensible a las partes oscuras del planeta y halló unas bandas de longitud de onda que diferían centésimas de micra de las que producen ciertas hojas vegetales terrestres. No se pudo cantar victoria, pues al poco tiempo se descubrió que las bandas espectrales citadas provienen de moléculas de hidrocarburos existentes en la atmósfera. Las sondas espaciales norteamericanas "Mariner IV" (1964), "Mariner VI" y "Mariner VII" (1969) mandaron fotografías del suelo marciano, que, con gran admiración de los astrónomos, lo mostraron cubierto de circos y cráteres iguales a los de la Luna.

Las condiciones que la vida exige al planeta que la ha de recibir son varias: cierta masa para que su fuerza gravitatoria no retenga una atmósfera de hidrógeno, y sí gases, como el oxígeno, que impidan el paso de radiaciones nocivas; que gire alrededor de una estrella cuyo tipo espectral le consienta una larga duración, a fin de permitir una evolución biológica conveniente; que su órbita sea poco excéntrica; su eje de rotación algo inclinado para que, produciéndose estaciones, permita un descanso biológico (invierno); que la distancia a dicha estrella o sol sea la conveniente para que el calor sea el preciso para la vida. La vida consiste en una serie continuada de reacciones químicas, gracias a la reactividad que tienen las proteínas, formadas por aminas alcalinas y ácidos débiles, denominados aminoácidos. Para lograr estas reacciones precisa un margen de temperatura más arriba del cual se carbonizan, y más abajo se solidifican o hielan. Todo ello está condicionado a que el cuerpo base sea el carbono. El silicio, que permite formar moléculas largas como él, da cuerpos que a la temperatura ordinaria son de gran estabilidad (rocas, siliconas). Para activarlas químicamente precisan altas temperaturas, con las que los aminoácidos se descomponen.

En los cien millones de galaxias conocidas, con 100.000 millones de estrellas cada una, existen diez trillones de soles: podemos, pues, deducir que hay millones de astros que reúnen condiciones de vida como las de la Tierra.

A. P.



Galaxia en la constelación del Cisne. La espiral dista de la Tierra unos dos mil millones de años-luz (1 año-luz = 9,4 billones de kilómetros).

La primera, gracias a la fijación de las observaciones que le dio la segunda, ha permitido un conocimiento científico que parece adquirido por arte de magia.

La descomposición de la luz es obra de Newton, pero hasta inicios del siglo XIX Fraunhofer no descubrió que en la franja de luces de colores procedente de la descomposición de la luz blanca por el prisma hay unas rayas negras, que distinguió con las primeras letras del alfabeto. En 1859, Kirchhoff pone las bases del análisis espectral, y sucesivos descubrimientos en espectroscopia permitieron que con el espectro se conociera la composición y temperatura de las atmósferas estelares, si las estrellas se acercan o alejan, la cuantía de estos movimientos en km/seg., si tienen campos eléctricos o magnéticos, si tienen una o más estrellas compañeras girando a su alrededor y en qué tiempo, su masa, su brillo absoluto y otras cosas más. De no existir la fotografía, que ha

La galaxia de Andrómeda es la más cercana a la Vía Láctea, nebulosa en la que se encuentra el sistema solar. Dista de nosotros menos de dos millones de años-luz.



Constelación en Acuario formada por estrellas de baja luminosidad.

dado fijeza a las fotografías de los campos de estrellas y de los espectros, nada de ello se hubiera logrado.

Volviendo atrás, veamos qué son el Sol y las estrellas. Todo fluido abandonado a sí mismo toma la forma esférica; con una masa de gases, como fluidos que son, ocurre lo mismo, siempre que tenga una determinada cuantía. Si esta masa es inferior a 10^{27} toneladas, el gas se difunde por el espacio, ocupando un enorme volumen; si es igual a dicha cifra, se forma una esfera con un centro de atracción y los materiales de la esfera tienden a caer hacia el centro, con lo que en éste sufre una presión enorme, tan enorme, que al traducirse en temperatura, resulta del orden de millones de grados. A estas temperaturas los átomos quedan ionizados, es decir, despojados de algunos de sus electrones, y éstos van de un núcleo a otro, reinando una agitación enorme. Del choque de estos componentes atómicos se producen radiaciones de longitud de onda cortísima, que circulan en todas direcciones. A medida que se apartan del centro de la esfera de gases chocan con nuevas partículas y las radiaciones se vuelven más largas de onda, hasta llegar al límite de la esfera, desde donde se lanzan al espacio en forma de luz, calor, radiación ultravioleta, etc. Ésta es la teoría más aceptada acerca de lo que es una estrella y de cómo produce su energía.

El Sol tiene una masa de 2×10^{27} toneladas y en la reacción nuclear que tiene lugar en su centro, 564 millones de toneladas de hidrógeno se transforman por segundo en 560 millones de helio, que es la ceniza de la combustión, y 4 millones de toneladas en luz, calor, etc. De cada 4 átomos de hidrógeno se forma uno de helio y se desprende energía. La temperatura central del Sol, para producir esta reacción, es de 14 millones de grados absolutos. Para acabar la descripción del Sol falta mencionar que su diámetro es de 1.392.000 km, su volumen 1.303.800 veces superior al de la Tierra, su densidad

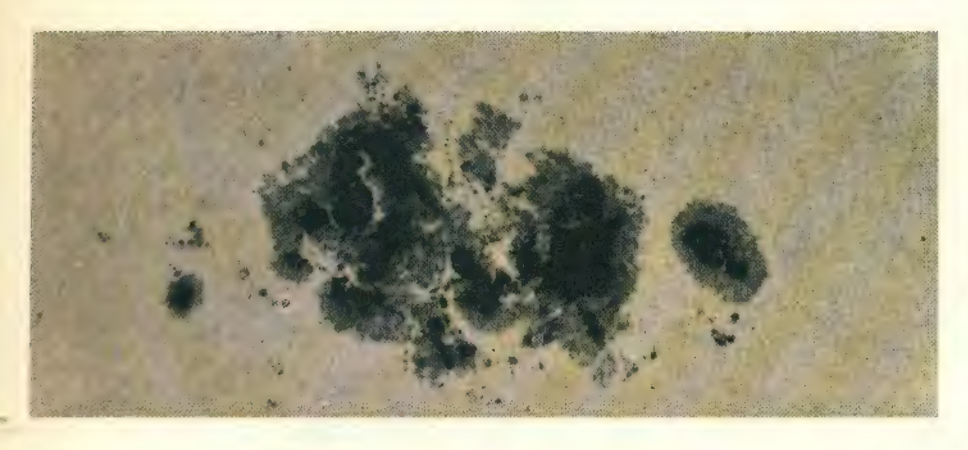


Nebulosa del Cangrejo, situada en la constelación del Toro.

1,41 × agua, la intensidad de la gravitación en su superficie es 27,9 × Tierra. Da vueltas alrededor de su eje en un promedio de 25,38 días, siendo el período en las regiones polares de 19 a 30 días.

En el mes de enero, a las 9 de la noche, mirando hacia el Sur se ven varias constelaciones con estrellas de mucho brillo. Notemos las más brillantes: la señalada con la letra griega *beta* de Orión es azulada; Sirio, o *alfa* del Can Mayor, es blanca; la *alfa* del Can Menor es amarillenta; la Cabra, o *alfa* de Cochero, es amarilla; Aldebarán, o *alfa* del Toro, es anaranjada, y Betelgeuse, o *alfa* de Orión, es roja. Estas estrellas se han citado por el orden de sus temperaturas superficiales, cuyas correspondientes clases espectrales se mencionan a continuación: las estrellas azuladas son del tipo espectral B y su temperatura es de 20.000°; las blancas, del A y 11.000°; las amarillentas, del F y 7.500°; las amarillas, del G y 6.000°; las anaranjadas, del K y 4.000°, y las rojas, del M y 3.400°. Estas seis clases espectrales comprenden el 99 % de las 225.000 estrellas del catálogo Henry Draper. Las restantes se reparten entre los tipos: W, de color verdoso y 100.000° de temperatura superficial; O, blanco-verdosas y 36.000°; N, rojo anaranjado y 2.600°; R, anaranjado oscuro y 2.500°; S, rojo y con temperatura inferior a las del tipo M. También hay los tipos P y Q, para las nebulosas gaseosas y estrellas novas, respectivamente.

Ya se ha mencionado que el Sol es una estrella y que va acompañada de un cortejo de astros pequeños tributarios, pero las hay con compañera única, de categoría semejante a la suya. En tales casos la estrella menor gira en torno a la mayor y si la diferencia de masas no es notable, ambas dan vueltas alrededor del centro común de gravedad. A esta pareja de soles se la conoce con el nombre de *estrella doble*. Si en vez de dos son tres, la estrella es triple; si más, cuádruple, quíntuple o múltiple. También se da el caso de que se vean –todo con el telescopio,



Grupo de manchas solares fotografiadas mediante el telescopio de Monte Palomar.

desde luego– dos estrellas muy cercanas, que siguen caminos muy distintos y no uno orbital, como se llama el que se ha acabado de citar. Entonces la estrella no es doble en el sentido estricto, sino que lo es por su proximidad aparente, que en realidad es una enorme separación; se trata de una *pareja de perspectiva*.

Las estrellas dobles cuyo plano orbital esté dirigido hacia nosotros presentan un cambio de luminosidad, pues al pasar la menor, y por consiguiente más débil, frente a la mayor, la luz que recibimos sufre una atenuación, que se repite, pero en menor cuantía, cuando aquélla pasa por detrás de la componente principal; el máximo de luminosidad tiene lugar cuando no se ocultan mutuamente. A estas estrellas se las llama *variables por eclipse*. Unas, como Algol, nombre de la estrella "beta" de Perseo, tienen la compañera de poca luminosidad y ocurre como en el esquema presentado; en otras, como "beta" de la Lira, las dos componentes son casi iguales y giran muy cerca una de la otra, por lo que los cambios de luz son continuos. A las primeras se las conoce como *algólidas*, y a las segundas, como *liridas*.

Otras estrellas variables lo son realmente: su diámetro sufre una oscilación, es como si la estrella se hinchara y deshinchara. A cada una de tales pulsaciones ocurre un cambio de color y por consiguiente de temperatura y de emisión de energía. En el máximo de brillo el astro está más contraído y en la escala espectral sube hacia los tipos más calientes. Así, la variable "delta" de Cefeo, que es el prototipo de las denominadas *cefeidas*, en su máximo es de clase espectral F y su temperatura superficial es de 6.400°, y en el mínimo es G y 5.400°, respectivamente. Lo más notable de estos astros es la relación período-luminosidad que presentan: una cefeida de un día de periodo tiene una luminosidad de 230, tomando la del Sol por unidad; de 5 días, 1.000; de 10 días, 1.900, etc. Existen otras cefeidas, las de tipo RR Lira, que, a diferencia de las descritas, que se denominan clásicas, tienen el período inferior a 1/2 día y su luminosidad es igual a 100 soles. Ambas son *variables pulsantes*.

Otras variables pulsantes son las *variables de largo periodo*, que tienen por prototipo la "ómicron" de la Ballena. Al descubrirse su comportamiento se la llamó la Maravillosa de la Ballena, que en latín, idioma de los científicos de antaño, se dice *Mira Ceti*. Así como las cefeidas tienen el período corto y la oscilación de magnitud rebasa poco a la unidad, las variables de largo período tienen períodos de 200 a 400 días, por lo general, y su amplitud de variación es de 4 a 10 magnitudes. Dentro del grupo de variables intrínsecas hay las *semirregulares* y las *irregulares*.

Un tercer grupo comprende las variables *eruptivas*. Unas siguen a la U de los Gemelos, que está siempre en la magnitud 14 y con intervalos cambiantes de 60 a 275 días aumenta súbitamente de brillo hasta alcanzar la 9; otras, como la R de la Corona Boreal, lo hacen al revés; la citada estrella está siempre en la magnitud 5,8 y de vez en cuando desciende, habiendo alcanzado desde que se la observa la magnitud 13,8. Entre las eruptivas figuran las del tipo UV, llamadas asimismo *fulgores* o *fulguraciones*. La típica, UV de la Ballena, es una estrella doble, cuya compañera sube de luminosidad

Fotografía de la corona solar obtenida durante un eclipse total de Sol.





Fotografía astronómica de la Luna, en la que se aprecia su movimiento aparente debido a la movilidad de la Tierra.

sin regla fija y en poco tiempo; por lo general los aumentos de brillo son escasos, pero en alguna ocasión, como en el año 1952, en 2,5 horas pasó de la magnitud 12,3 a la 6,8.

Fuera de las variables existen las *novas* y *supernovas*. Las primeras son estrellas que en breves horas ascienden de brillo, alcanzando de 10.000 a 100.000 veces el suyo normal; pasado el paroxismo, descienden de luminosidad para llegar a la magnitud primitiva al cabo de uno a diez años. La energía que han despedido, traducida en masa, representa de una milésima a una diezmilésima de la total de la estrella. En las supernovas, el aumento de luminosidad es de 1.000 a 10.000 veces superior que en las anteriores y en un año pierden gran parte de su masa. Estas estrellas suelen tener todas el brillo igual cuando están en su máximo.

Esta rápida descripción de estrellas variables y novas servirá para conocer cómo se miden las distancias en Astronomía. Para saber la de la Tierra a la Luna se usó la trigonometría: un astrónomo en el Cabo de Buena

POSIBILIDAD DE LOS VIAJES ESPACIALES

Si a un romano le hubiesen dicho que a oriente de su Imperio había otro con gentes de tez amarilla, y que a occidente, tras un mar más ancho que lo que tiene el Mare Nostrum de largo, vivían personas cobrizas, lo hubiese tomado como una doble burla. Lo mismo que si a un hombre de fines del siglo XIX le hubiesen asegurado que, a principios del siguiente, cuerpos más pesados que el aire volarían y que antes de una centuria se iría a la Luna. Este viaje era tomado como axioma de lo imposible, tanto, que el doctor Dionisio Lardner, físico irlandés, ante el proyecto de navegación a vapor, de la que era contrario, a principios del siglo XIX, en una conferencia, dijo que "el proyecto de hacer un viaje en vapor de Liverpool a Nueva York es una quimera, que lo mismo sería proyectar un viaje de Liverpool a la Luna". Estas dos quimeras ya se han realizado: el vapor *Savannah* atravesó el Atlántico en 1818 y la cápsula *Apolo XI*, en julio de 1969, que no salió de Liverpool, sino de Cabo Kennedy, llegó a la Luna.

La Astronáutica se ha servido de los cohetes para el envío de vehículos al espacio. Y los cohetes, hasta el momento de escribir estas líneas (1970), han funcionado a base de reacciones químicas de los propergoles: un combustible y un comburente. La necesidad de mandar al espacio satélites, sondas, etc., cada vez de mayor masa, ha obligado a construir cohetes cada vez más potentes. Los primeros usados por los norteamericanos eran de masa y empuje modestos; así, el del satélite *Vanguard* (1958) con sus tres etapas pesaba 10,5 Tm, y el empuje de la primera etapa era de 12,6 Tm. Compárese con el gigante *Saturno V*, que se emplea para enviar a la Luna las cápsulas Apolo, con tres astronautas, que tiene 110 metros de altura y pesa, en orden de lanzamiento, 2.940 Tm, siendo los empujes de sus tres etapas 3.500, 520 y 93 Tm, respectivamente. La primera etapa de este coloso consume 2.106 Tm de propulsantes en 150 segundos, lo que representa un consumo de 14 Tm por segundo. Su potencia es tal, que puede poner en órbita en torno a la Tierra, a 180 km de altura, un satélite de 145 Tm, o mandar a la Luna 45 Tm, o 20 a Venus o a Marte. El Proyecto Apolo ha costado al erario público norteamericano (contribuyentes) 23.000 millones de dólares. De parte soviética se ignora el coste de sus experimentos espaciales.

El alemán doctor Sänger opina que para viajar a los astros se precisa otro medio de propulsión. El cohete atómico presenta dos inconvenientes: el peligro de explosión de todo el artefacto debido al enorme calor que se desprende del calentamiento del gas que ha de propulsarlo y la enorme radiactividad del reactor que lleva el cohete. La propulsión iónica tiene el inconveniente de que el empuje que proporciona es de centenares de gramos, en vez de serlo de toneladas, como conviene. Calentando cesio se desprenden iones, los cuales se aceleran por medio de electrodos, convenientemente colocados, y cuando alcanzan la velocidad necesaria salen por la tobera. Un autor italiano ha calculado que, empleando iones de mercurio, se pueden alcanzar velocidades de chorro de 200 a 2.000 km/s, pero necesita una cantidad de energía eléctrica imposible de lograr, ya que para una velocidad de 36.000 km/s son necesarios 180 millones de kilowatios. Si un día, más o menos lejano, se lograra transformar directamente la energía atómica en eléctrica, se resolvería este problema y la nave escaparía de la atracción terrestre en dos minutos y no precisaría seguir órbitas como las usadas para mandar sondas a Venus y Marte, que son elipses con un foco en el Sol, siendo la fuerza atractiva de éste la que basta para hacerlas marchar. Se podrían efectuar 150 viajes a Venus o 200 a Marte sin necesidad de recargar nuevo combustible, y se iría a Plutón en dos meses, en vez de los diez años que se precisan para seguir las órbitas clásicas.

La propulsión fotónica se basa en lanzar, por la tobera del motor, no gases, sino fotones o granos de luz. Como que ésta viaja a 300.000 km/s, se cree que la nave podría marchar a una velocidad cercana a ésta. Los fotones se recogerían en grandes espejos, lo cual evitaría que la nave cargara con propulsantes. El inconveniente de este procedimiento estriba en que, siendo la masa lanzada prácticamente nula, el empuje logrado sería ínfimo.

Para los cohetes de propulsión iónica se ha propuesto que, además del motor iónico, lleven otro a base de reacción química, o sea con los propulsantes clásicos, a fin de poder despegar de la Tierra con él, y una vez fuera de la acción gravitatoria terrestre avanzar con el motor iónico.

El profesor Dyson, del Instituto de Investigaciones avanzadas de Princeton (Estados Unidos), propone construir un gran vehículo que llevaría 30 millones de bombas H, que irían haciendo explosión, cada 90 segundos, en el centro de una semiesfera de 10 km de diámetro sita detrás de aquél, lo que lo empujaría, proporcionándole una velocidad promedia de 10.000 km/s. Con esta velocidad se llegaría a la estrella más cercana en 130 años. Toda la riqueza actual de los Estados Unidos no bastaría para sufragar este proyecto.

Hemos mencionado propulsiones teóricas. Veamos lo que se ha realizado en la práctica. En abril de 1965 los norteamericanos lanzaron un satélite que llevaba a bordo una central atómica que producía hasta 1/2 kW de electricidad y con este fluido funciona un motor iónico que da al satélite un empuje de 10 gramos, lo que es insignificante, pero da esperanzas a que con el tiempo se mejore.

Todo esto nos enseña que los proyectistas de cohetes no descansan y esperamos que su constancia se verá premiada un día con la obtención de un cohete que permita al hombre recorrer todo el sistema planetario e ir más allá.

A. P.

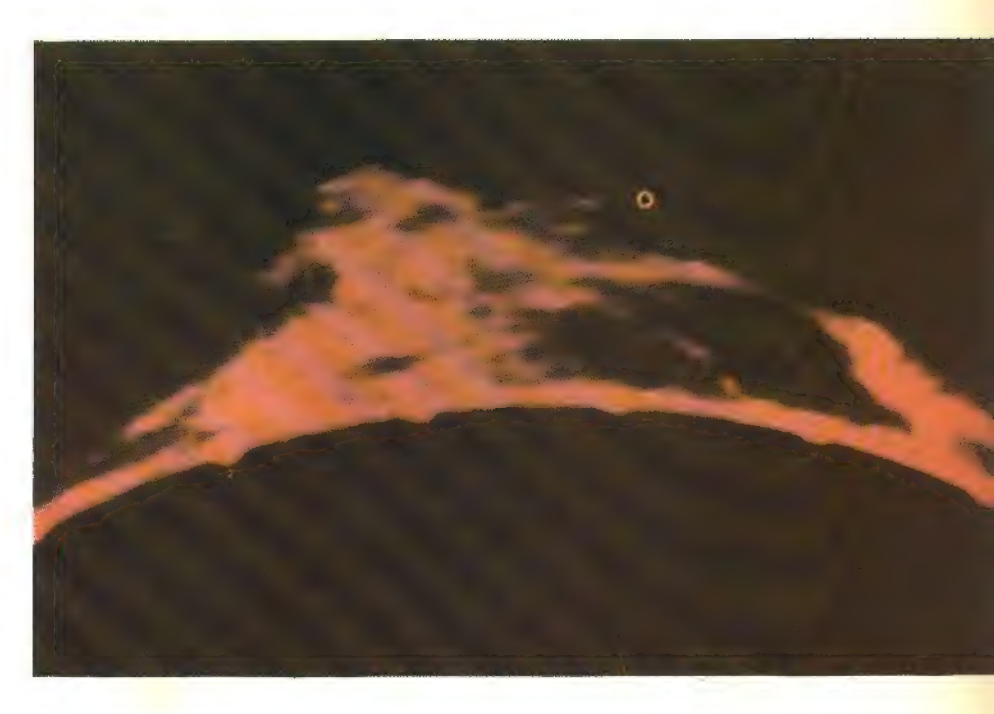
Esperanza y otro en Berlín midieron el ángulo que formaba la visual al astro con la línea que las unía. Para saber la distancia de la Tierra al Sol se sirven los astrónomos de una de las leyes de Kepler, la que relaciona el período de traslación con el radio de la órbita de un planeta. El asteroide Eros se acerca bastante a la Tierra y es posible calcular su distancia trigonométricamente y de ella deducir la Sol-Tierra. Para las estrellas distantes hasta 500 años-luz (1 año-luz=9,5 billones de km) sirve la trigonometría. Con las velocidades radiales (en dirección al rayo visual) y con los movimientos propios de las estrellas se puede profundizar hasta 3.000 años-luz. Estas distancias se refieren a astros dentro de nuestro sistema sidéreo o galaxia.

Más allá, las nebulosas y nubes de gas y polvo impiden la recepción de la luz, salvo que sea en regiones donde aquéllas escaseen. Pero en dirección que no sea la del ecuador galáctico, donde aquella materia absorbente abunda, se puede llegar muchísimo más lejos. Hasta 12 ó 13 millones de años-luz, o sea en galaxias exteriores a la nuestra, las variables cefeidas sirven de patrón de distancia, ya que, como se ha indicado, conociendo su período se tiene su brillo intrínseco, y de la

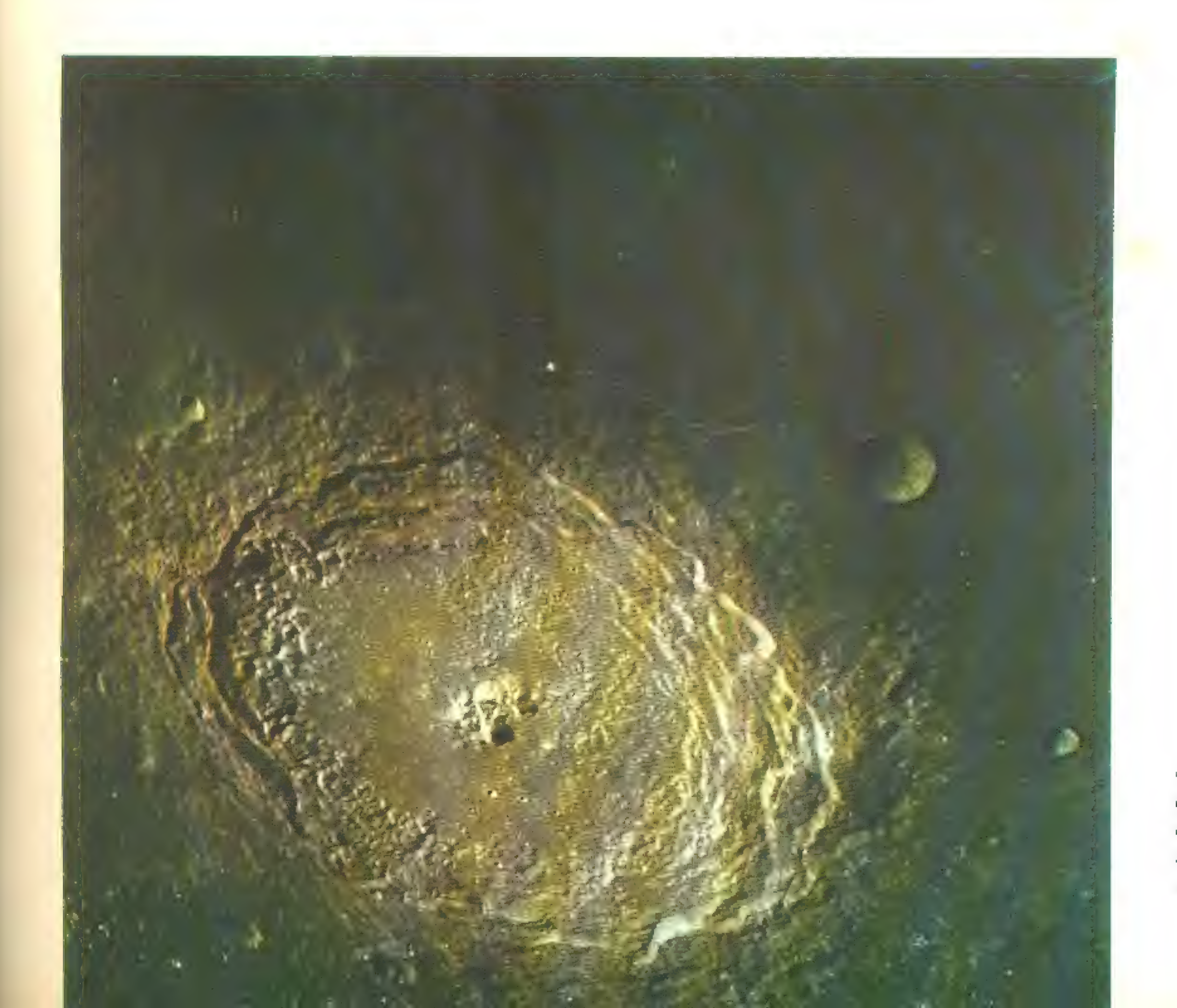
comparación de éste con el aparente, con una sencilla fórmula se obtiene la distancia. Así se han medido las distancias de muchas galaxias al Sol. Para distancias aún superiores, como hasta 30 millones de años-luz, se utilizan las supernovas, cuya magnitud absoluta o luminosidad intrínseca en su máximo es prácticamente igual en todas. Pero más allá, la determinación de las distancias se logra con menos precisión. Para ello se parte del principio de que todas las galaxias tienen, como promedio, una luminosidad igual; entonces ésta sirve para deducir las más remotas distancias.

Como ejemplo, citemos que el conglomerado de galaxias de la constelación de la Virgen, que incluye 2.500 de ellas, dista 36 millones de años-luz y su velocidad de recesión es de 1.200 km/seg.; el de la Cabellera de Berenice, con 1.000 galaxias, dista 325 millones de años-luz y huye a 7.400 km por segundo; en la Hidra hay otro que está a 2.640 millones de años-luz y tiene una velocidad de huida de 61.000 km/seg.

Pero, además de los rayos de luz que nos envían, los astros difunden en todas las direcciones radiaciones de otras longitudes de onda, mayores, como caloricas (infrarrojas) y de radio, y menores, como las ultravioletas, rayos X y rayos gamma. Da la circunstancia, feliz para la vida en la Tierra, que la envolvente gaseosa impide el paso de las de onda más corta que la luz (sólo atraviesan la atmósfera los rayos ultravioletas de mayor longitud de onda), que son mortíferas. De las de mayor longitud, las infrarrojas próximas a las visuales atraviesan la atmósfera, y de las de radio sólo pasan las de



Protuberancia solar de más de 200.000 km de altura fotografiada con luz de calcio.



Cráter lunar fotografiado desde el "Apolo VIII", meses antes que el hombre pusiera su pie en la superficie de nuestro satélite.

VIAJE DEL HOMBRE A LA LUNA

Después del descubrimiento de América y de la invención de las máquinas de vapor y de la aviación, el acontecimiento más extraordinario ha sido el viaje del hombre a la Luna. En el orden técnico, este viaje supera todo lo realizado desde que existe la humanidad.

Como antecedentes, ya dentro de la técnica astronáutica, se debe citar el vuelo del primer satélite artificial, el *Sputnik I*, iniciado por los soviéticos el 4 de octubre de 1957. El artefacto pesaba 83,6 kg, tenía forma esférica y estuvo circulando en torno a la Tierra durante 92 días, en los que recorrió unos 70 millones de kilómetros (1.367 vueltas). El siguiente precursor fue el vuelo de un satélite tripulado que tuvo lugar el 12 de abril de 1961. El *Vostok I*, también ruso, dio una vuelta a la Tierra en 108 minutos, llevando a bordo al cosmonauta Yuri Gagarin. La órbita que siguió tenía un perigeo (distancia mínima de la Tierra) de 180 km y un apogeo de 326 km.

En los Estados Unidos, país en donde nació la idea de la exploración del espacio por medio de cohetes y satélites, desde el punto de vista práctico se trabajó para emular y aun adelantar a los técnicos de Rusia en este campo. En efecto, desde mayo de 1961 hasta mayo de 1963 tuvo lugar el llamado Proyecto Mercurio, durante el cual seis astronautas, en otras tantas cápsulas, hicieron vuelos suborbitales de medio millar de kilómetros a menos de 200 km de altitud, y vuelos orbitales (22 vueltas) a nuestro planeta. En vista de los éxitos logrados, se procedió al Proyecto Gémini, con cápsulas biplazas: desde marzo de 1965 hasta noviembre de 1966, veinte hombres dieron de 3 a 206 vueltas, con una permanencia máxima de 13 días y 18,6 horas. A éste siguió el Proyecto Apolo, que es el que llegó a nuestro satélite. El vuelo del primero de la serie, con tres hombres a bordo, fue el *Apolo VII*, que el 11 de octubre de 1968 inició un viaje de 10 días y 20 horas en torno a la Tierra. Hasta aquí, rusos y americanos estaban, como deportivamente se dice, empatados. Rusia había logrado éxitos con seis cápsulas monoplazas de la serie *Vostok;* con dos de las *Vosjhod,* una con tres tripulantes y otra con dos, e inició la de los *Soyuz,* triplazas, con siete vuelos, el primero acabado trágicamente con la muerte de Komarov, único tripulante que iba en ella.

El segundo vuelo del Proyecto Apolo, iniciado el 21 de diciembre de 1968, dio dos vueltas a la Tierra y llegó al campo gravitatorio de la Luna, dando 10 giros a su alrededor; duró 6 días y 2 horas. Sus tripulantes fueron Borman, Lovell y Anders y la cápsula era el *Apolo VIII*. El *Apolo IX*, en marzo de 1969, dio 151 vueltas a la Tierra, ensayándose el módulo lunar. El *Apolo X*, en mayo, giró dos veces en torno a la Tierra y 32 en torno a la Luna; los astronautas Stafford y Cernan, en el módulo lunar, descendieron hasta 15 km de distancia del suelo lunar dos veces, mientras su compañero Young, en el módulo de mando, continuaba en órbita lunar.

Tripulantes del *Apolo XI* coronaron estos ensayos poniendo el pie sobre el suelo de nuestro satélite natural. El 16 de julio de 1969 fue lanzado el gigantesco cohete *Saturno V*, de 110 m de altura, cuando eran las 14,32, hora española. El 17, a las 12,17, corrigieron la dirección de la ruta; el 19, a la 1,36, Armstrong y Aldrin pasaron al módulo lunar "Aguila" y Collins permaneció en el módulo de mando "Columbia", que dio 30 vueltas a la Luna. El 20, a las 21 h. 17,7 m., el "Aguila" se posó en la Luna en el Mar de la Tranquilidad; a las 3 h. 56,3 m. del día 21, Armstrong descendió por la escalerilla y dijo: "Es un paso pequeño para el hombre, pero un paso de gigante para la humanidad...". Después descendió Aldrin. Plantaron la bandera de los Estados Unidos, hablaron con el presidente Nixon y colocaron un sismógrafo y un aparato láser. A las 18,54, el "Aguila" despegó, se unió con el "Columbia", y a las 5,56 del día 22 inició el regreso a la Tierra, amerizando en el Pacífico el 24 a las 17,51, después de un viaje de 1.533.215 km, recorridos durante 195 h. 19 m., y de una estancia de 21,5 horas en la Luna. Trajeron unos 22,5 kg de piedras y polvo lunar.

El *Apolo XII*, con Conrad, Bean y Gordon a bordo, realizaron el segundo desembarco en la Luna. Salieron de la Tierra el día 14 de noviembre de 1969, a las 17,22, dándole dos vueltas completas. El día 16, a 0,15, corrigieron la ruta a mitad del camino; el 18, a las 4,47, entraron en órbita lunar; el 19, a las 7,54, el módulo lunar "Intrepid" se posó en el Océano de las Tempestades, cerca del *Surveyor III;* a las 12,09, Conrad descendió; a las 12,34, Bean hizo otro tanto; colocaron el instrumental científico y recogieron 36 kg de material lunar y restos del *Surveyor III*, lanzado a la Luna en 1967. Después de haber realizado dos paseos de 4 h. y visitado cinco cráteres, a las 19,55 regresaron al "Intrepid", abandonando la órbita lunar después del acoplamiento del "Intrepid" con el módulo de mando llamado "Yanquee Clipper". Luego pasaron a éste y se desprendieron del primero, que se estrelló contra el suelo lunar. A las 21,43 del día 21 se inició el viaje de regreso a la Tierra, a la que llegaron el 24 a las 21,59, amerizando en el Pacífico, cerca de las islas Pago-Pago. El viaje duró 244 h. y 36 m.; el trayecto recorrido alcanzó la distancia de 1.552.000 km.

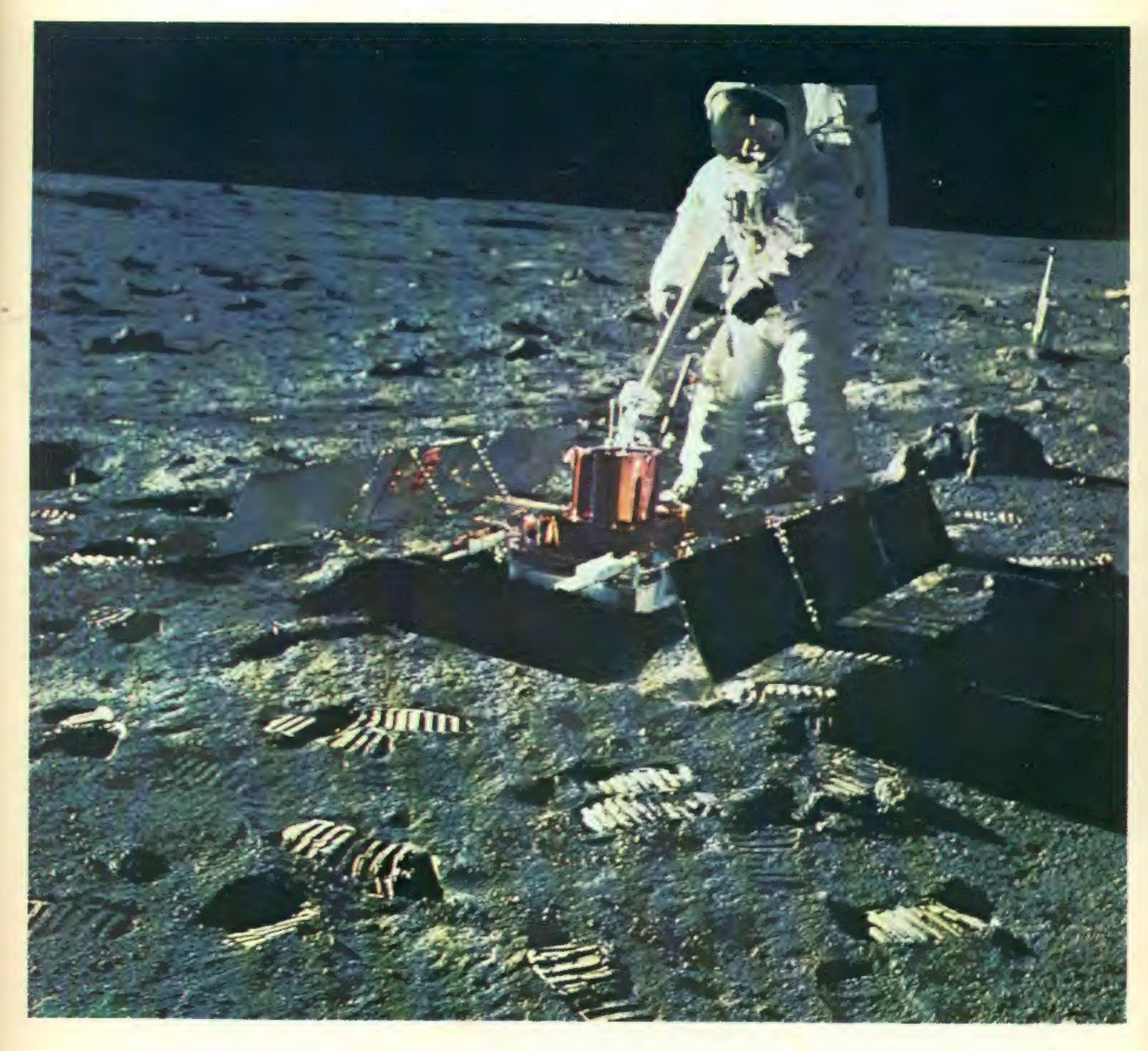
Los materiales lunares han sido objeto de análisis tanto por laboratorios estadounidenses como de otros países a los cuales se han entregado numerosas muestras. El coste de estos viajes ha sido enorme: los gastos iniciales fueron de 89 millones de dólares. El Proyecto Mercurio ha alcanzado los 390 millones, el Gémini otros 1.350 millones y el Apolo 23.000 millones más, o sea, en total, casi 25.000 millones de dólares.

A. P.

longitud de onda comprendidas entre 0,5 cm y 17 m. Resumiendo, los gases atmosféricos privan la entrada a las radiaciones, menos las visibles con sus próximas vecinas infrarrojas y ultravioletas y las de radio citadas.

Cuando se propagó la teoría electromagnética de las radiaciones, que explicaba el mecanismo de la luz, los hombres de ciencia creyeron que los astros emitían ondas de radio. Como entonces –principios del siglo XX– se usaban las kilométricas para la telegrafía sin hilos (T.S.H.), denominación de la recién nacida radiocomunicación, se intentó captar las que de tales longitudes debía emitir el Sol. Como el ensayo fracasó, se creyó que los astros no emitían tales ondas.

Pasaron los años, y en el de 1932, un radioingeniero, de nombre Karl G. Jansky, ensayaba un receptor de radio intentando eliminar los ruidos parásitos y de fondo que perturbaban su audición. Pronto notó un ruido que aumentaba al dirigir su antena hacia ciertos puntos del espacio, percatándose de que procedía de ondas emanadas de la Vía Láctea. Otro experimentador, Grote Reber, en 1943, construyó un espejo parabólico de 10 m de diámetro y en su foco colocó un receptor de radio sintotizado a ondas de 1,85 m de longitud y con este dispositivo exploró el espacio y encontró ruidos procedentes de la Vía Láctea. Durante la segunda Guerra Mundial, operadores de radar descu-



Aspecto de la superficie lunar y el astronauta del "Apolo XI", Edwin Aldrin, instalando instrumentos científicos en ella.

brieron ondas que interferían las recepciones normales y que algunas cesaban al ponerse el Sol. Acabada la contienda, los hombres de ciencia se dedicaron a investigar estos fenómenos y encontraron que no solamente la Vía Láctea y el Sol emitían ondas de onda corta y cortísima, sino también los planetas, las nebulosas y las galaxias. Así se fundó una nueva rama de la Astronomía llamada Radioastronomía.

Los primeros pasos de esta novel técnica fueron la recepción de ecos. De la Luna se recibieron por primera vez en enero de 1946. De las estrellas fugaces también se recibieron ecos: la gran velocidad a que entran en la atmósfera terrestre los corpúsculos que las causan, al rozar con los gases, aún enrarecidos a 50-300 km de altitud, los pone incandescentes y se hacen visibles como estrellas que caen. El corpúsculo incandescente ioniza los gases, con lo que adquieren polaridad y no precisa nada más para producir un eco. Por esta razón el radar detecta el paso de las estrellas fugaces, con la ventaja de que estrellas fugaces de magnitud débil, invisibles a simple vista, se detectan con poca dificultad, y después permite conocer radiantes de estrellas fugaces cuando luce el Sol y no son visibles.

Tanto para recibir ecos de radar del Sol y planetas como para captar emisiones de astros se emplean los radiotelescopios, que son



La imagen del hombre caminando por la Luna constituye un espectáculo inimaginable para los hombres de la pasada generación.

telescopios para recibir y amplificar las ondas de radio, como los telescopios ópticos hacen con las de la luz. Constan de dos partes: antena y receptor de alta sensibilidad, tras el cual está un aparato registrador que traduce los ruidos cósmicos en rayas formando gráficos. La antena puede ser: un *dipolo,* dos alambres de longitud igual a la mitad de la onda que se quiere recibir, o una *helicoidal,* semejante a un solenoide. Como la energía que pueden captar estos tipos de antena es muy reducida, se montan muchas en un bastidor que tiene el movimiento en altura, es decir, en torno a un eje orientado de Este a Oeste.

Pero los dipolos también se usan aislados; en tal caso están colocados en el foco de un espejo metálico paraboloide. Los espejos pueden ser de muchas dimensiones, los hay de 8 y 10 m de diámetro, y en este caso sus monturas pueden ser como las de los telescopios ópticos: altacimutales, o sea con un eje vertical y otro horizontal; o ecuatoriales, con dos ejes también perpendiculares entre sí, y uno de ellos paralelo al de rotación de la Tierra, con lo que haciendo girar el instrumento en torno a éste, en sentido opuesto al de la Tierra y a la misma velocidad angular, se consigue que el astro observado esté siempre en el campo del aparato. Los de 25 a 40 m acostumbran ir sobre monturas altacimutales; los mayores, como 90 m, suelen tener sólo un movimiento en altura que, combinado con el de rotación de la Tierra, les permite dirigirse a todos los puntos de la esfera celeste en el lapso de un día. Por fin, existe un espejo que mide 300 m de diámetro: está en Arecibo, Puerto Rico, y es fijo; gracias a un dispositivo que hay en su foco puede observar en un ancho de 20° a cada lado del meridiano de aquel lugar.

Con este nuevo instrumento de trabajo, usando ondas mucho más largas que las de la luz –de 0,5 cm a 17 m– se pueden atravesar las nubes de polvo y gases absorbentes que impiden el paso a aquélla. Con la Radioastronomía se ha llegado a profundizar hasta 6.000 millones de años-luz, se han seguido los brazos de la Galaxia (gracias a la onda de 21 cm de longitud que emite el hidrógeno neutro, que abunda en ellos) y se han descubierto objetos enigmáticos, como los *quasar* y los *pulsar.*

El nombre de quasar deriva de la con-

LOS NUEVOS INSTRUMENTOS AL SERVICIO DE LA ASTRONOMIA

Desde el telescopio de Galileo se desarrolla un proceso ininterrumpido de perfeccionamiento en la construcción de lentes astronómicas y en la aplicación práctica de conocimientos de teoría óptica.

La mejora de los instrumentos de observación y el aumento constante del diámetro de los objetivos permite ver con detalle las superficies planetarias y descubrir nuevas estrellas.

A finales del siglo XIX parece que las técnicas no permiten fabricar vidrios transparentes de mayor diámetro. Sin embargo, el viejo telescopio no puede adecuarse a los métodos modernos: fotografía, espectrografía. Se necesita corregir y evitar sus aberraciones ópticas.

Generalización de la fotografía astronómica, que multiplica las observaciones, registra los fenómenos rápidos, impresiona clisés sucesivos que pueden ser estudiados comparativamente.

I Monte Wilson	152 cm,	Inglaterra (1908)
II Monte Wilson	254 cm,	Inglaterra (1918)
Mac Donald	2 m,	Estados Unidos
Toronto	2 m,	Canadá
Monte Palomar	5 m,	Estados Unidos
Pretoria	2 m,	Africa del Sur
Monte Strorulo	2 m,	Australia
Haute-Provence	2 m,	Francia
Crimea	2'60 m,	Rusia
Lick	3 m,	Rusia

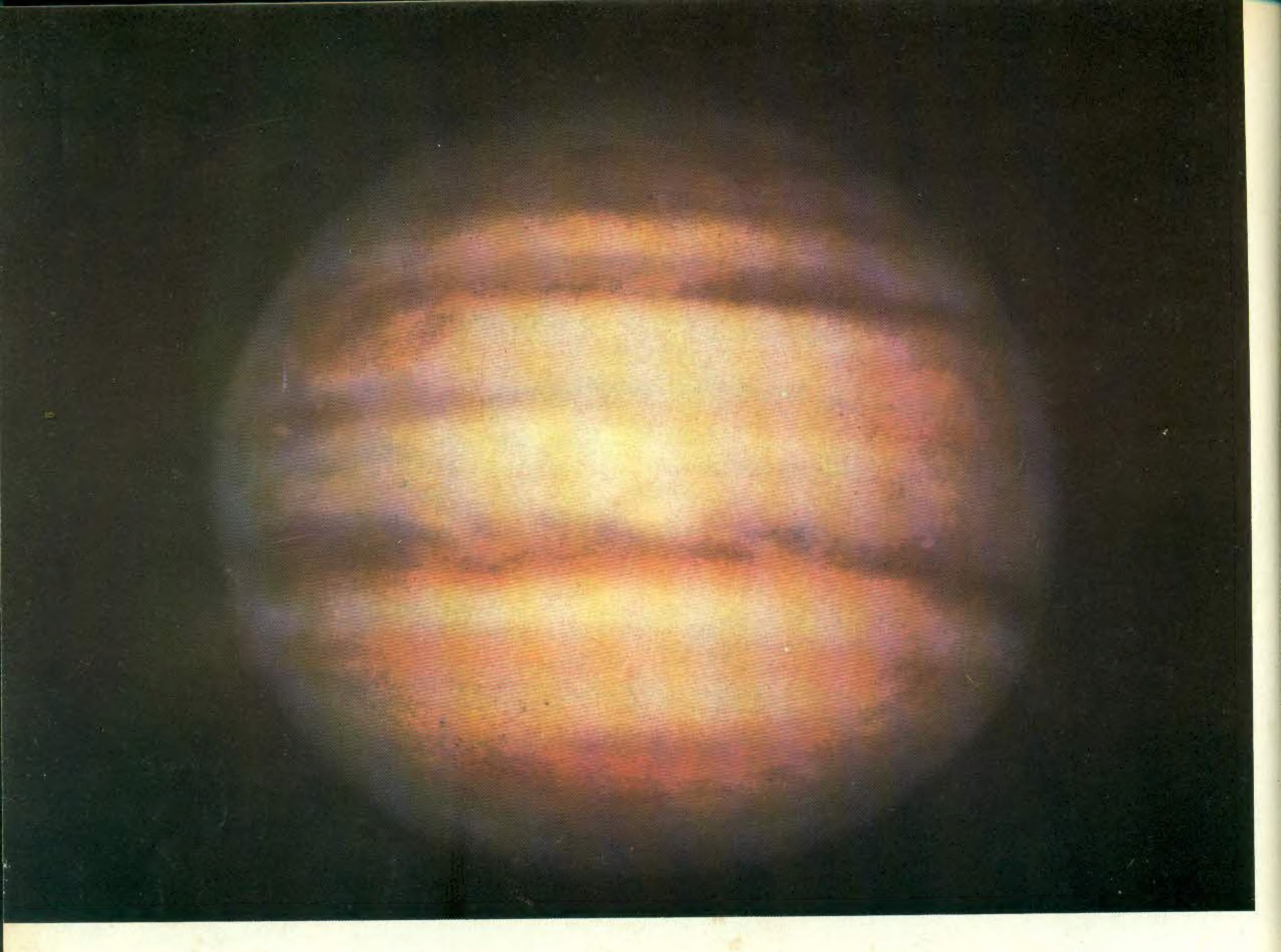
La cámara aplicada a los grandes telescopios no puede obtener fotografías que abarquen un gran campo visual; el obstáculo está salvado a partir de 1931 con la aplicación de la "cámara de Schmidt", ingeniosamente construida por B. Schmidt, óptico del Observatorio de Hamburgo.



Fotografía astronómica del cometa Humason.

tracción de las palabras *radiofuentes quasi estelares*. Se trata, en efecto, de un objeto que, en fotografía en luz azul o roja, presenta aspecto estelar, pero emite ondas de radio de una intensidad extraordinaria. Por el corrimiento de las rayas espectrales se deduce que los quasar están a distancias enormes; tanto, que su luminosidad intrínseca es superior a la de diez galaxias gigantes juntas. Por esta razón se cree que tales objetos pueden ser galaxias tal como estaban en una época cercana al principio de los tiempos. Otras teorías basan su existencia en fenómenos gravitacionales o nucleares, en la aniquilación de la materia por la antimateria, o bien en galaxias normales donde ocurren acontecimientos anormales en escala extraordinaria.

Los pulsar son otros objetos enigmáticos, cuyo nombre es la contracción de las dos palabras inglesas *pulsating stars* (= estrellas pulsantes). Consisten en radiofuentes variables en apariencia, con un período muy corto y notablemente estable. El primero descubierto (en 1967) consistía en una radiofuente que emitía una serie de pulsaciones de 0,3 segundos de duración, repetida cada 1,3373 segundos; se identificó con una estrella azul de magnitud 18, y al objeto emisor se le atribuyó un diámetro no superior a 5.000 km. La regularidad de las pulsaciones supone una estrella que oscila, y la brevedad del período, que se trata de una enana blanca o de una estrella de neutrones. Lo primero no es aceptable en un período inferior a 8 segundos y lo segundo supondría una densidad diez billones superior a la del agua. A principios de 1969 ya se conocían cuatro pulsar, todos cercanos a nosotros (de 100 a 400 años-luz). Como con los quasar, los astrónomos no saben la exacta naturaleza de estos objetos.



Júpiter, el mayor de los planetas del Sol, fotografiado desde el Monte Palomar. Por el telescopio se le ve rodeado de una capa de nubes en continuo movimiento.

Como se ha visto, la imagen moderna del universo es muy compleja; no recuerda en lo más mínimo a la que privaba en el siglo XV.

¿Cuándo y cómo se formó la Tierra? Para contestar el "cuándo" precisa saber la edad de nuestro planeta. Veamos cómo se ha realizado. Por la cantidad de isótopos (cuerpos simples con iguales propiedades químicas y pesos atómicos diferentes) de ciertos cuerpos cuyo tiempo de disminución se conoce, se deduce la edad de algunas rocas. Así, en general, se puede decir que hace unos siete mil millones de años, como límite inferior, se formó nuestra galaxia; hace seis mil millones que se condensó el Sol; la materia que formaba los protoplanetas se redujo a planetas hace más de cinco mil millones; la diferenciación química de las sustancias planetarias (férreas y pétreas) acabó hace cuatro mil setecientos millones de años, y la corteza terrestre estable data de tres mil cuatrocientos millones. Aquí nos referimos a planetas de tipo terrestre (de Mercurio a Marte), no a los gigantes (de Júpiter a Neptuno).

Para dar respuesta al "cómo" hay numerosas teorías cosmogónicas. Kant y Laplace supusieron que una nebulosa giraba, con lo que, de esférica que debía ser, tomó la forma lenticular. Los gases, al enfriarse, se concentraban y la atracción del centro sobre la materia ecuatorial deshizo la cohesión de la masa y, en consecuencia, se desprendió un anillo que siguió en su movimiento de rotación, al igual que sucesivos anillos que iban formándose. Con el tiempo, en cada anillo se formó un núcleo de condensación, futuro planeta.

Jeans y Jeffreys supusieron que junto al Sol, ya formado, pasó otro, tan cerca, que se produjeron mareas en ambos y la materia arrancada formó un filamento, la mitad del cual quedó en el dominio del Sol y la otra mitad en el de la estrella visitante. La condensación de la materia del medio filamento, debidamente fraccionado, dio lugar a los planetas.

Chamberlain creyó que la materia del universo se condensó en pequeñas masas que denominó "planetesimales" y de la unión de estos corpúsculos, por agregación, se formaron los planetas.

El planeta Saturno con su característico anillo ecuatorial, formado por partículas de hielo y polvo.

Weizsäcker modernizó la teoría laplaciana, partiendo de una masa de polvo y gases interestelares. Al girar se produjeron torbellinos concéntricos, en cuyos puntos de fricción se formaron centros de condensación y, en consecuencia, planetas. La condensación central, que adquirió mucha más masa, dio lugar al Sol. Menzel cree que del Sol, ya formado, surgió una enorme protuberancia cuya masa debió de ser, por lo menos, quíntuple que la de Júpiter, la cual, en vez de caer sobre el Sol, se fraccionó, y estas fracciones lanzadas con diferentes velocidades dieron origen a los protoplanetas. Todas estas teorías y muchas más, que omitimos, muestran que, a pesar de la fantasía desplegada por sus autores, no se sabe nada acerca del origen de nuestro planeta.

Hemos llegado a la formación de la corteza sólida de la Tierra. Ésta, como aislante del calor, motivó que los gases que estaban en el exterior se condensaran y cayeran condensados en forma de lluvias diluviales. El efecto de estas lluvias fue erosionar las rocas más antiguas. Las rocas basálticas, por su mayor densidad, pasaron al fondo y sobre ellas quedaron las aguas formando mares. Consecuencia de aquella erosión, a la que se sumó la del viento, fue que se formaran en el fondo de los mares grandes sedimentos, a los cuales, una vez consolidados, movimientos laterales presionaron y los hicieron surgir hasta grandes alturas, dando nacimiento a las montañas.



Meteorito del tamaño de una piedra hallado en las cercanías de Barcelona (Instituto de Ciencias Naturales, Barcelona).

BIBLIOGRAFIA

Abetti, G.	*La vida del Universo,* Madrid, 1966.
Armenter de Monasterio, F.	*Astronomía y astronáutica,* Barcelona, 1966 (2.ª ed.).
Comas y Solá, J.	*Astronomía* (ed. revisada por F. Armenter), Barcelona, 1965.
Ducrocq, A.	*La aventura del Cosmos,* Barcelona, 1966.
Hack, M.	*El Universo,* Barcelona, 1965.
Marfeld, A. F.	*El Universo y nosotros,* Barcelona, 1965.
Orellana, E.	*La Luna,* Barcelona, 1962.
Paluzíe Borrell, A.	*Las maravillas del cielo,* Barcelona, 1969 (4.ª ed.).



El Meteor Crater, cráter producido por un aerolito en Arizona, Estados Unidos. La excavación mide más de 200 m de profundidad y unos 1.500 m de diámetro.